

Kameras und künstliche Intelligenz für mobile Maschinen

Chancen und Herausforderungen

Dr. Anko Börner

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

3. VDI-Fachkonferenz „Sensoren für mobile Maschinen 2019“



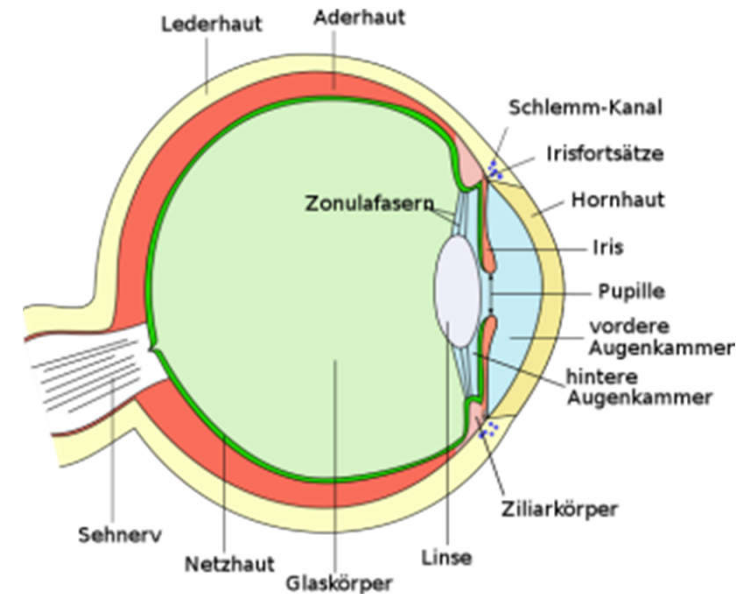
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

- Institut für Optische Sensorsysteme, Berlin

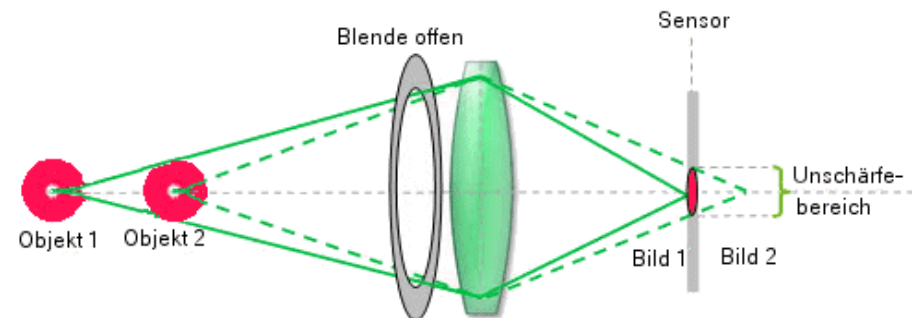


Kameras

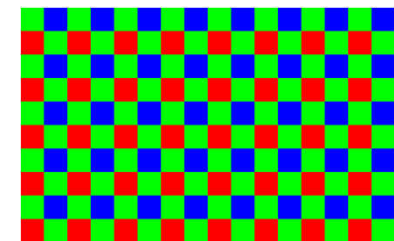
- Kameras sind technische Kopien des menschlichen Auges
 - Auge: Linse, Netzhaut, Iris
 - Kamera: Linse, Detektor, Blende
- Auge = Hauptsensor des Menschen
 - 70-90% der Informationen
- Räumliche Auflösung
 - Auge
 - Stäbchen (S/W): 120Mio
 - Zapfen (RGB): 6Mio
 - Kameras
 - UHD: 3840 x 2160 \approx 8MPix
 - Science: > 100MPix
- Informationsvielfalt
 - Digitales Thermometer, 12 bit
 - 2^{12} Zustände
 - Kamera, S/W, 8bit, 640 x 480 Pixel
 - $2^{8 \times 640 \times 480} = 5.49 \cdot 1.000.000$ Zustände



<https://de.wikipedia.org/wiki/Kammerwasser>



<http://www.netzmafia.de/skripten/hardware/RasPi/kamera/index.html>



<https://de.wikipedia.org/wiki/Bayer-Sensor>



Kameraparameter

– Sichtfeld und geometrische Auflösung



Sichtfeld © BMVIR, 2013

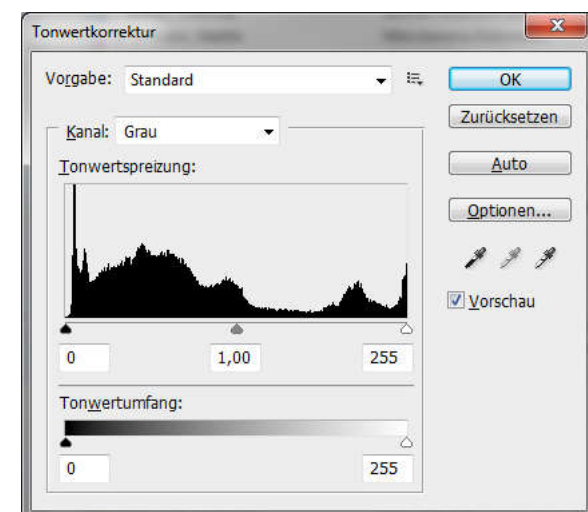
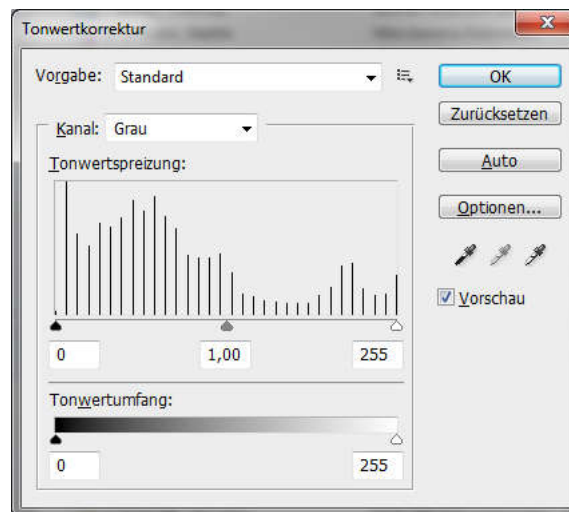
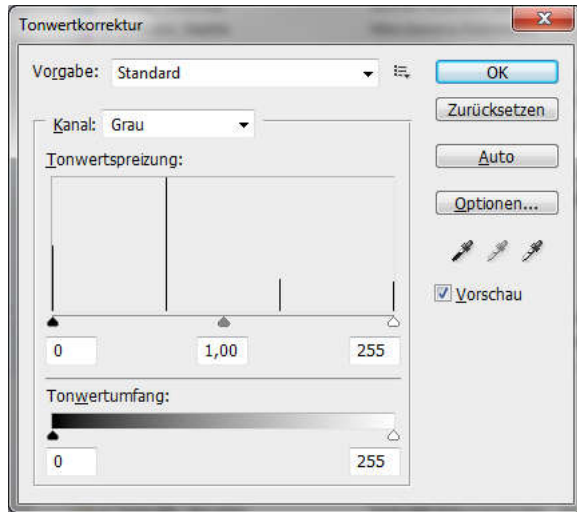


Geometrische Auflösung © Autobild, 2013



Kameraparameter

– Radiometrische Auflösung

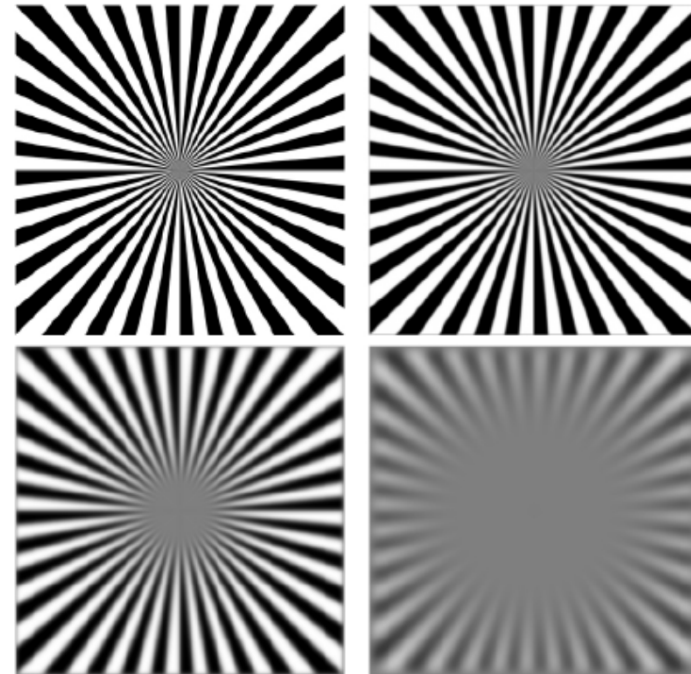
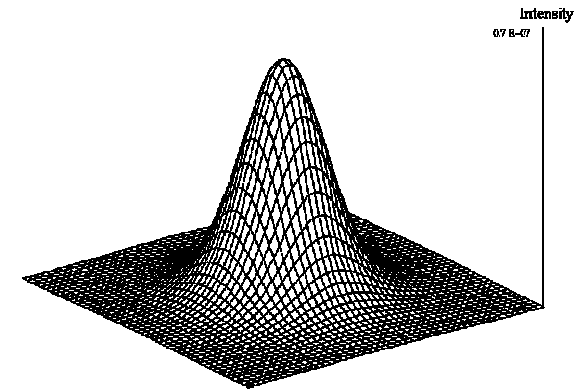


Kameraparameter

– Signal-Rauschverhältnis & Bildschärfe



Rauschen © Autobild, 2013



Bildschärfe © Börner, 2013

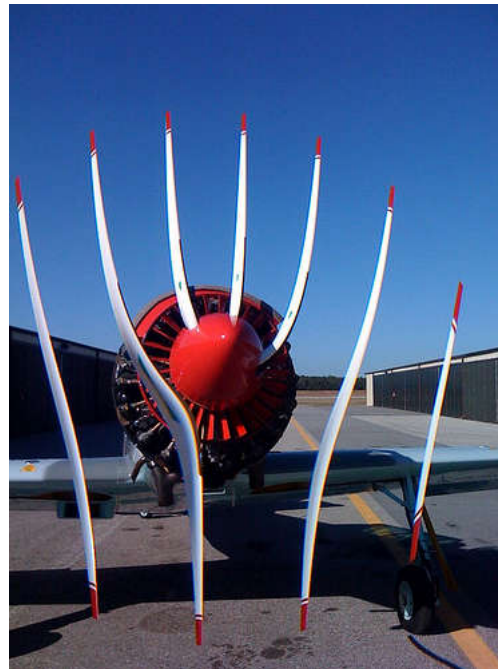


Kameraparameter

– Belichtungszeit & -modus, Bildwiederholfrequenz



Bewegungsverschmierung © Autobild, 2013



Rolling shutter © Dan, 2013



Bildwiederholfrequenz © Börner, 2018



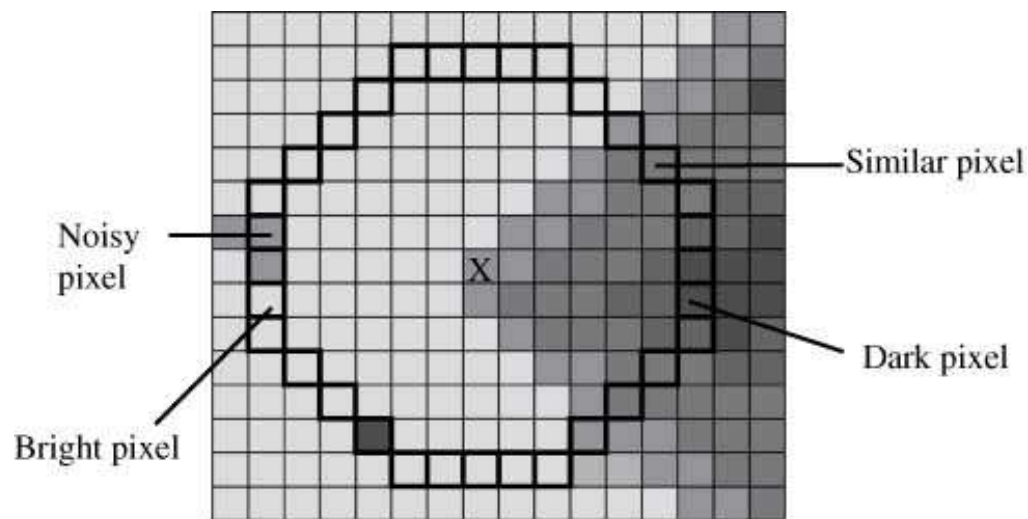
Kameras

- Vorteile
 - Preiswert
 - Kompakt
 - Passiv
 - Vom Menschen einfach interpretierbar
 - Standardtechnologie (Silizium), weit verbreitet
 - Quasi nicht ersetzbar im Bereich komplexe Situations-/ Umgebungserfassung (mobile Maschinen)
 - Schnelle & durchgreifende Innovationszyklen
 - Prädestiniert für Machine Learning
 - ...
- Nachteile
 - Wetter- und tageszeitabhängig
 - Kein direktes Messsystem – i.d.R. maschinelle Interpretation
 - Kalibration & räumlich/ zeitliche Registrierung
 - ...

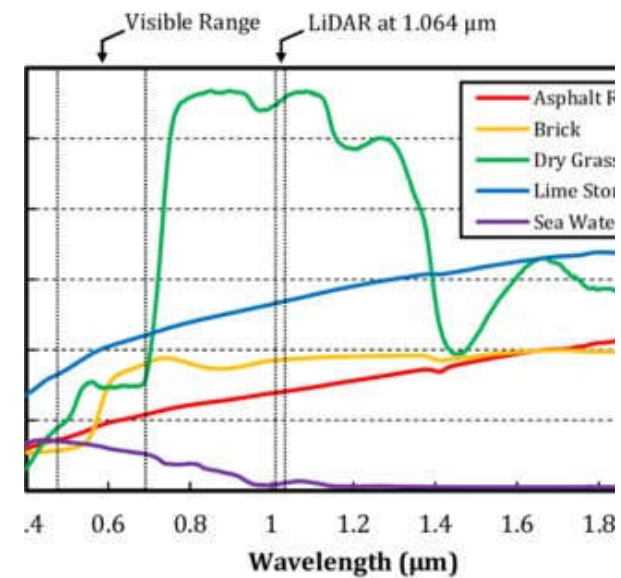


Computer Vision

- Computer Vision = Bildverarbeitung = maschinelles Sehen
- Klassische Ansätze
 - Daten \Rightarrow physikalische/ empirische/ heuristische Modelle \Rightarrow Ergebnis
 - Beispiele: Corner-Detector

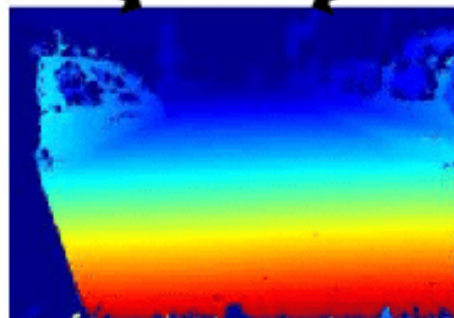


- Jederzeit „logisch“ nachvollziehbar



Computer Vision

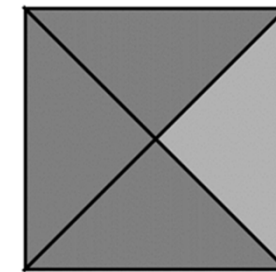
- Stereobildverarbeitung
 - Verarbeitung von Stereobildern
 - Abschätzung von Tiefeninformationen
 - „Durchbruch“ 2006



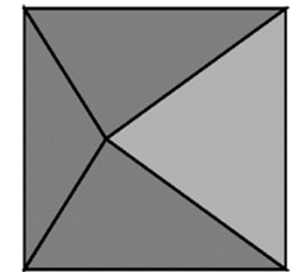
<https://www.researchgate.net>



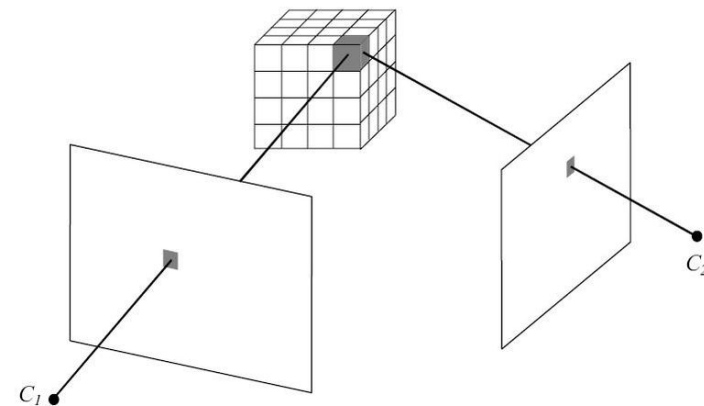
<https://www.elektroniknet.de/>



linkes Auge

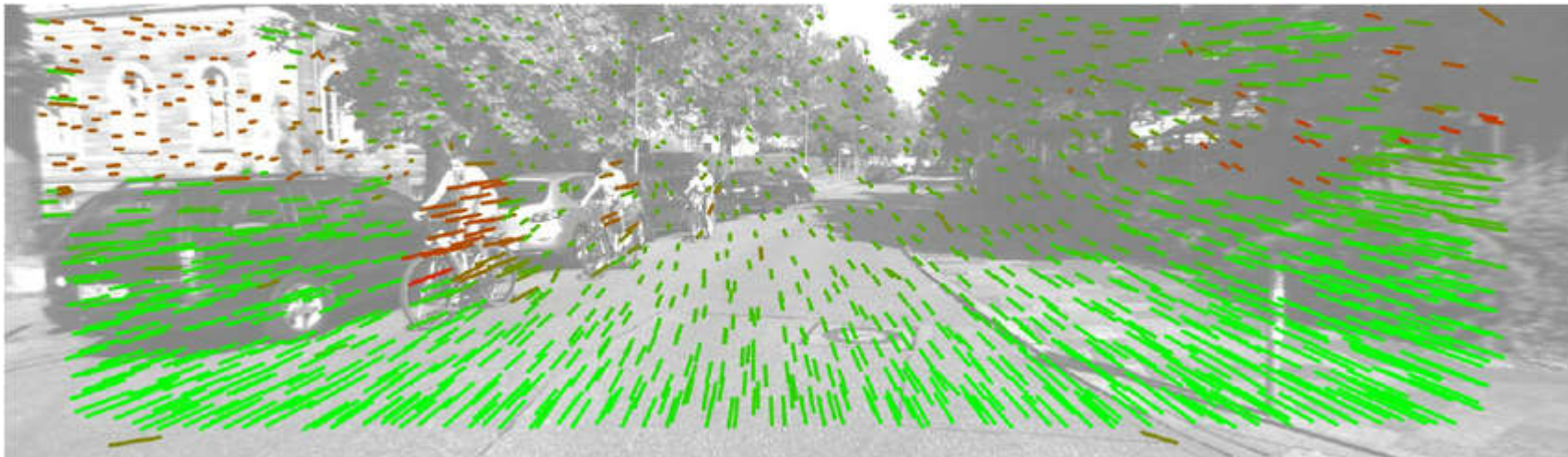


rechtes Auge



Computer Vision

- Optical Flow
 - Analyse von Zeitreihen ($t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$)
 - Ableitung von Bewegungsinformationen für jedes Pixel
 - Bestimmung von Bewegungsfeldern



<https://www.researchgate.net>

- Vorteile
 - Schnell
 - Erklärbar
- Nachteile
 - Begrenzte Komplexität



Künstliche Intelligenz – Maschinelles Lernen

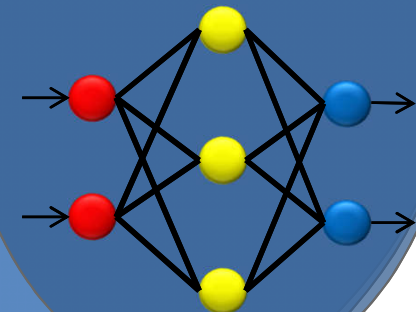
Künstliche Intelligenz (KI)

„KI ... beschäftigt sich mit intelligentem Verhalten in künstlichen Maschinen.“ (Nilsson, 1998)

Maschinelles Lernen (ML)

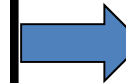
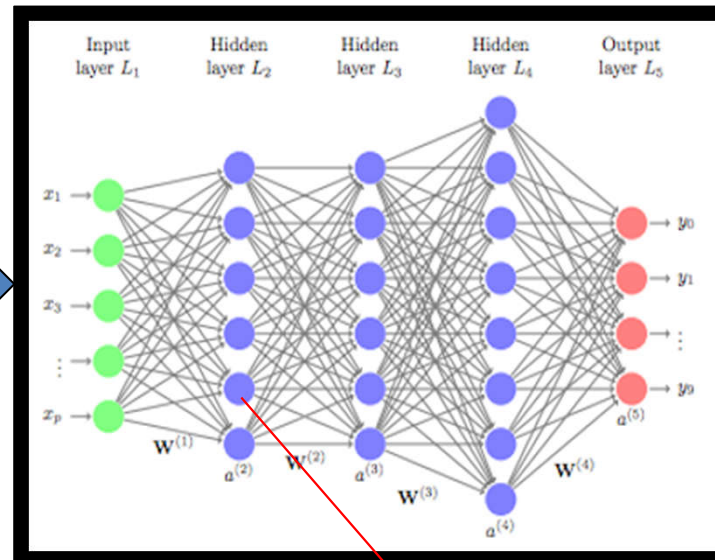
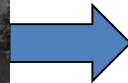
Teilbereich der KI, in dem „ ... Programme hinsichtlich eines Kriteriums durch Datenanalyse optimiert werden.“ (Sewell, 2006)

Neuronale Netze



Maschinelles Lernen – Neuronales Netz

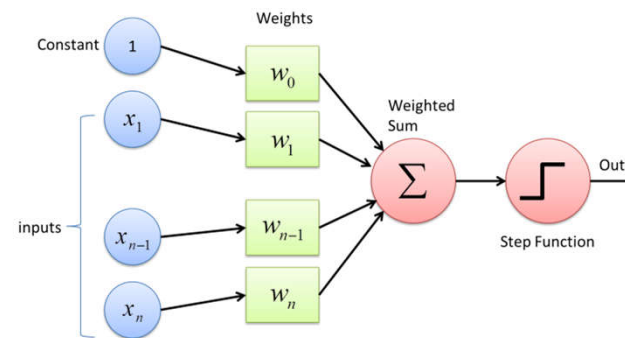
- Black-Box



Klasse: *Fahrzeug*

http://uc-r.github.io/feedforward_DNN

- Perzeptron = analog zum Neuron
- Einfache (aber massiv parallele) Algebra
- Deep Neural Network (DNN)
 - Durchbruch-Technologie
 - Voraussetzungen: Viele Inputdaten, neue Algorithmen, große Rechner
- Entscheidende Fragen
 - Welche Topologie benutzt man?
 - Wie bestimmt man die Parameter?

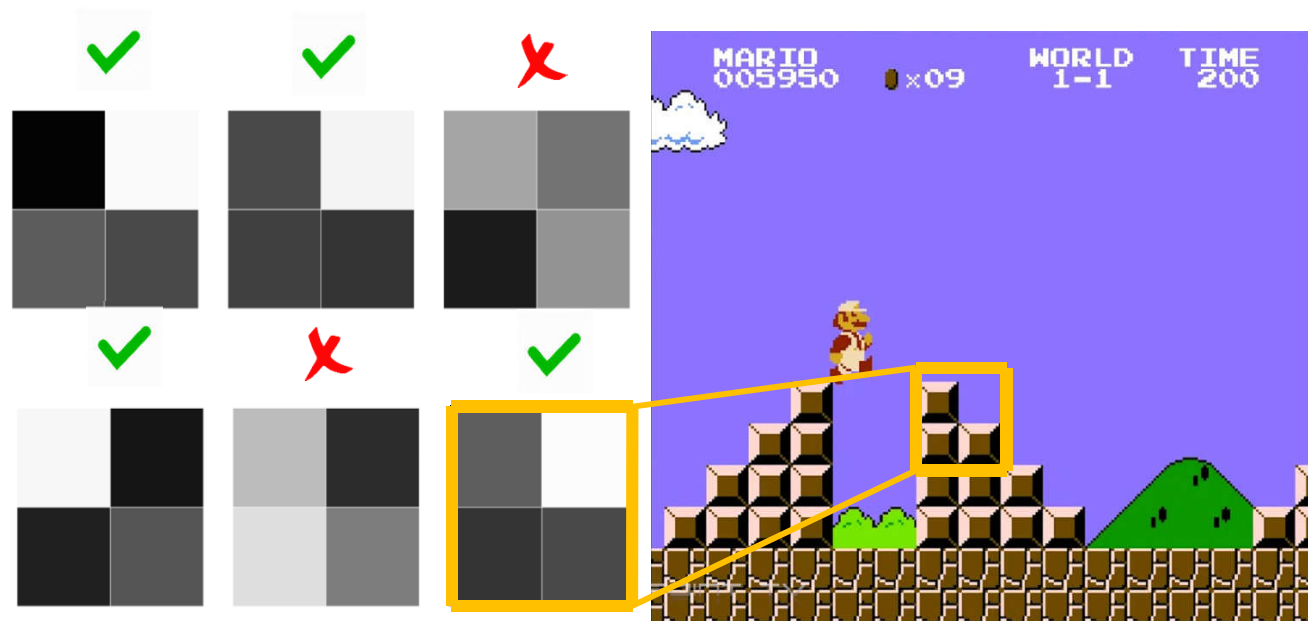


<https://towardsdatascience.com>



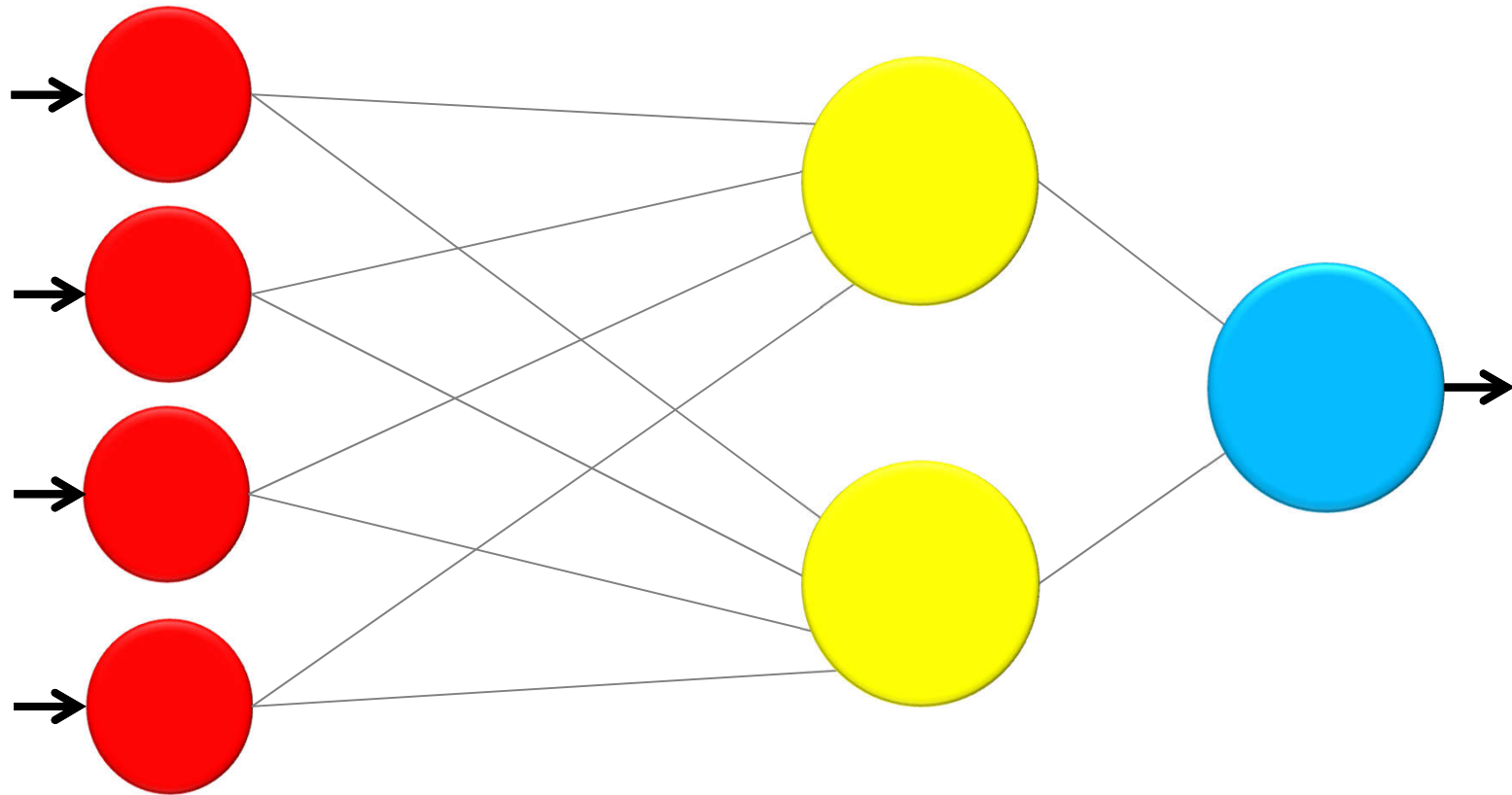
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Beispiel: Erkennen von „Treppen“ in 4 Pixeln



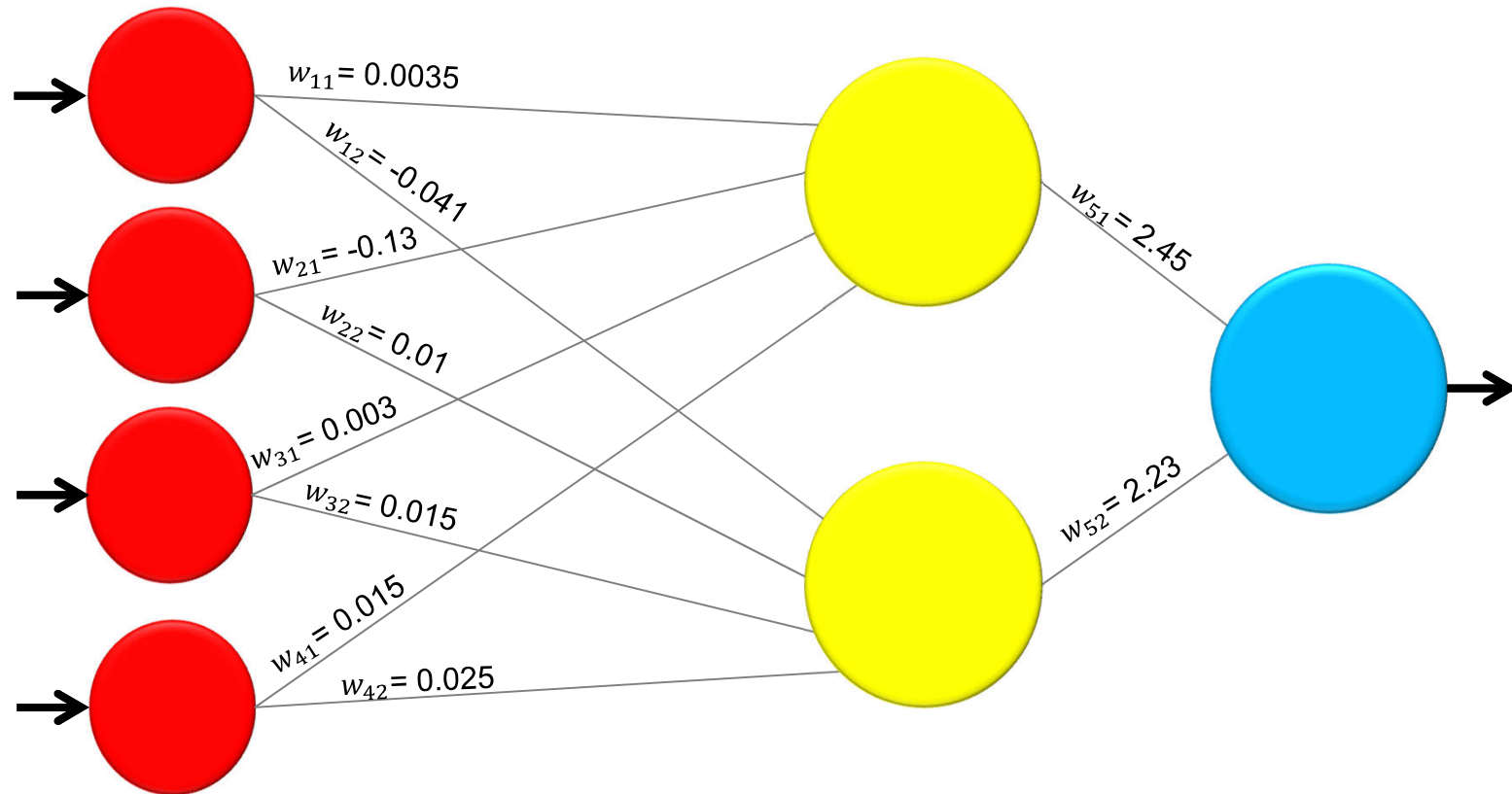
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 1: Netz-Architektur erstellen und Gewichte zufällig wählen.



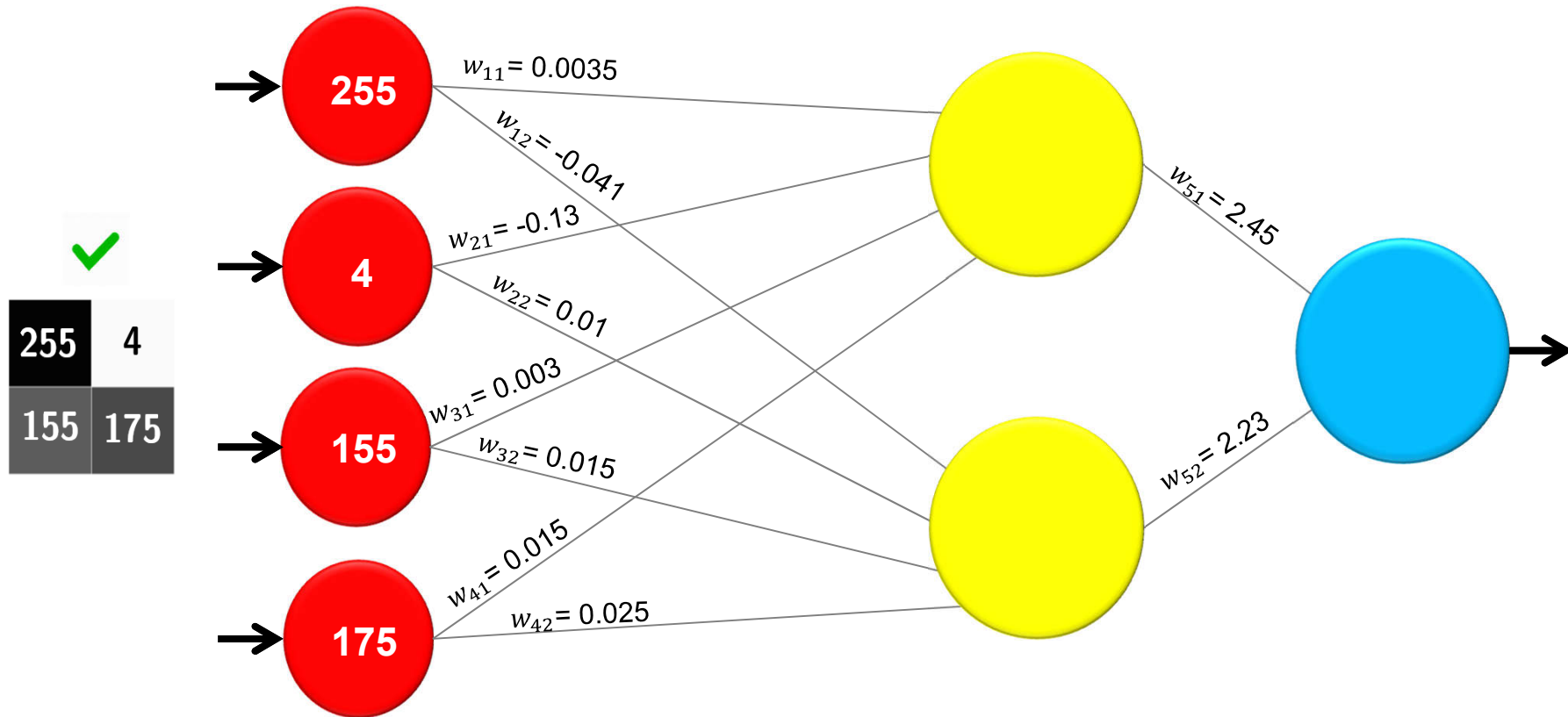
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 1: Netz-Architektur erstellen und Gewichte zufällig wählen.



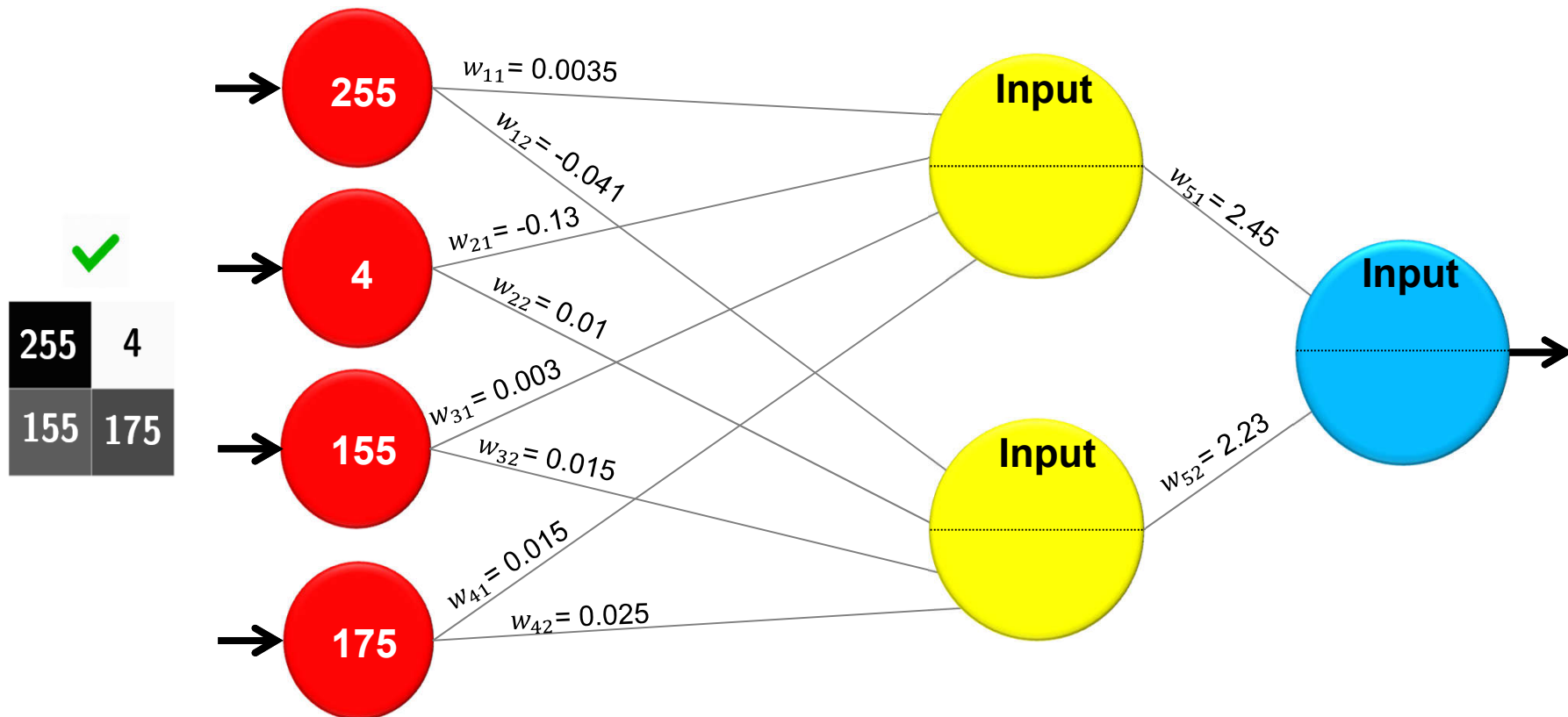
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 2: Trainingsdaten iterieren.



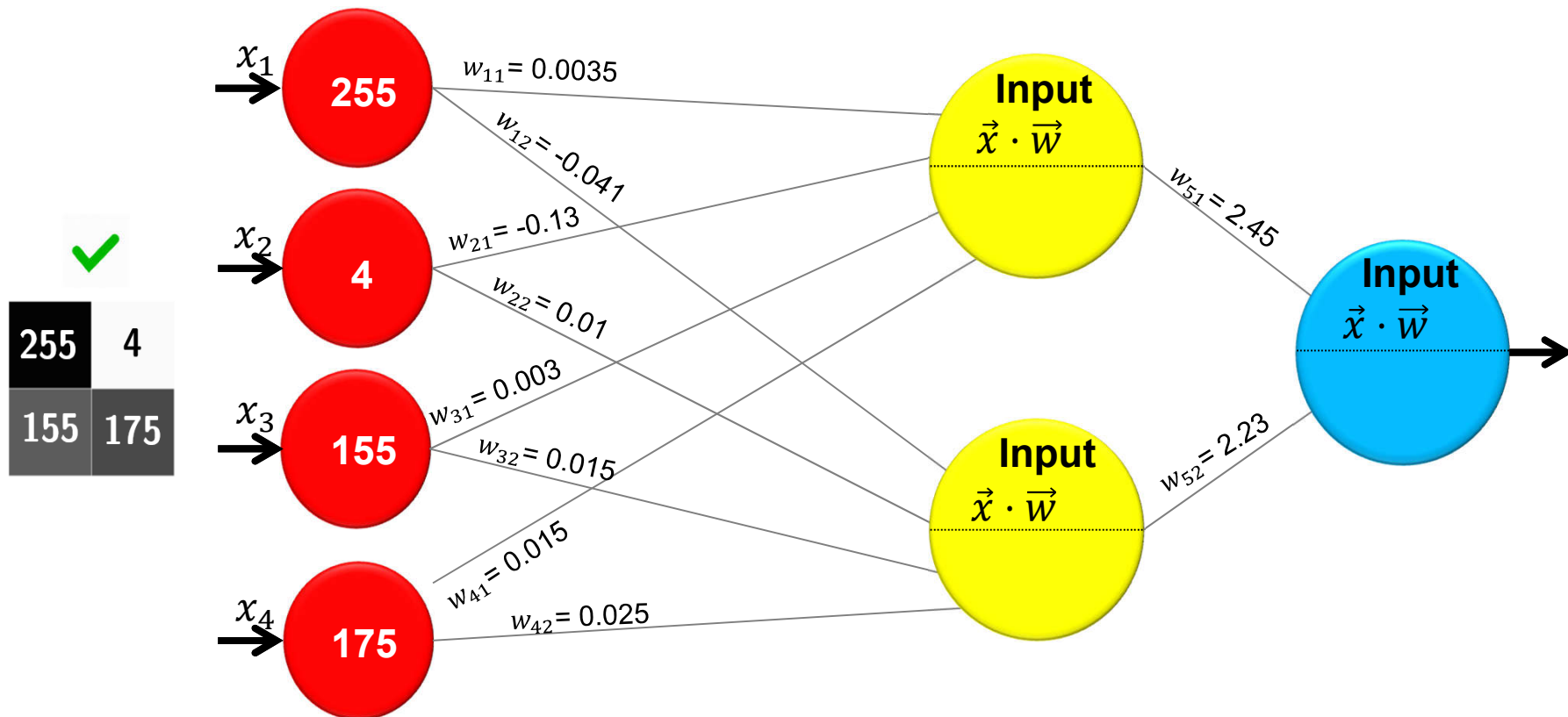
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 3: Aktuelle Vorhersage berechnen (Vorwärts-Propagierung).



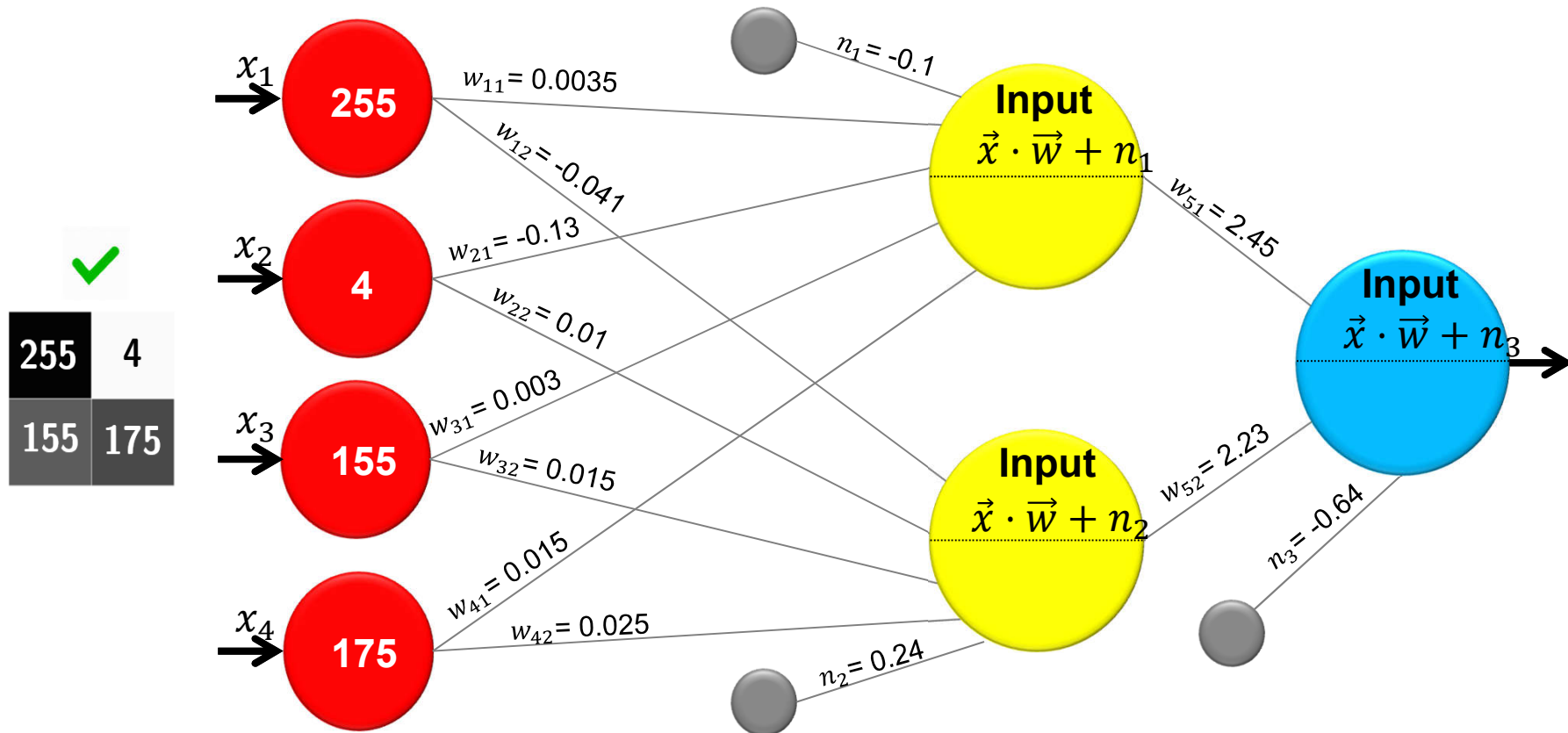
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 3: Aktuelle Vorhersage berechnen (Vorwärts-Propagierung).



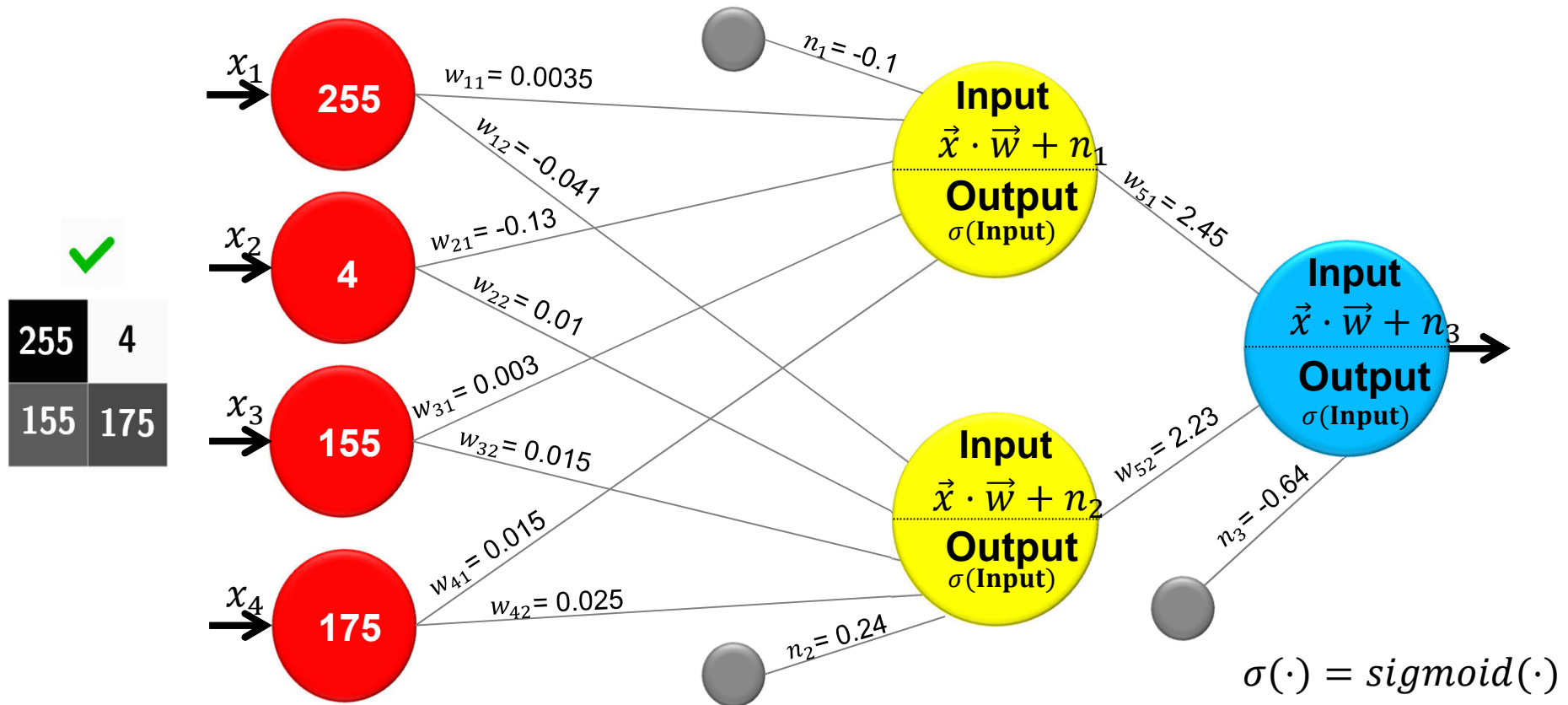
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 3: Aktuelle Vorhersage berechnen (Vorwärts-Propagierung).



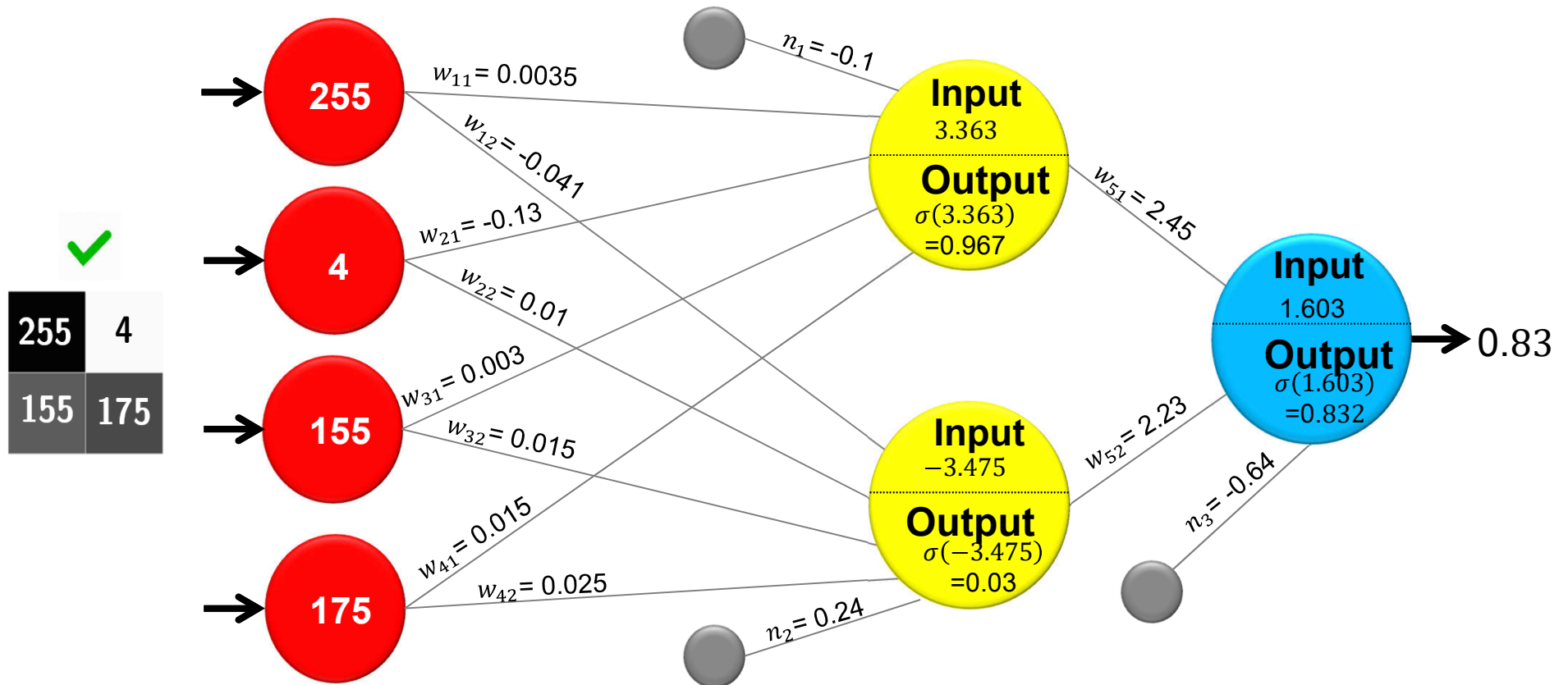
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 3: Aktuelle Vorhersage berechnen (Vorwärts-Propagierung).



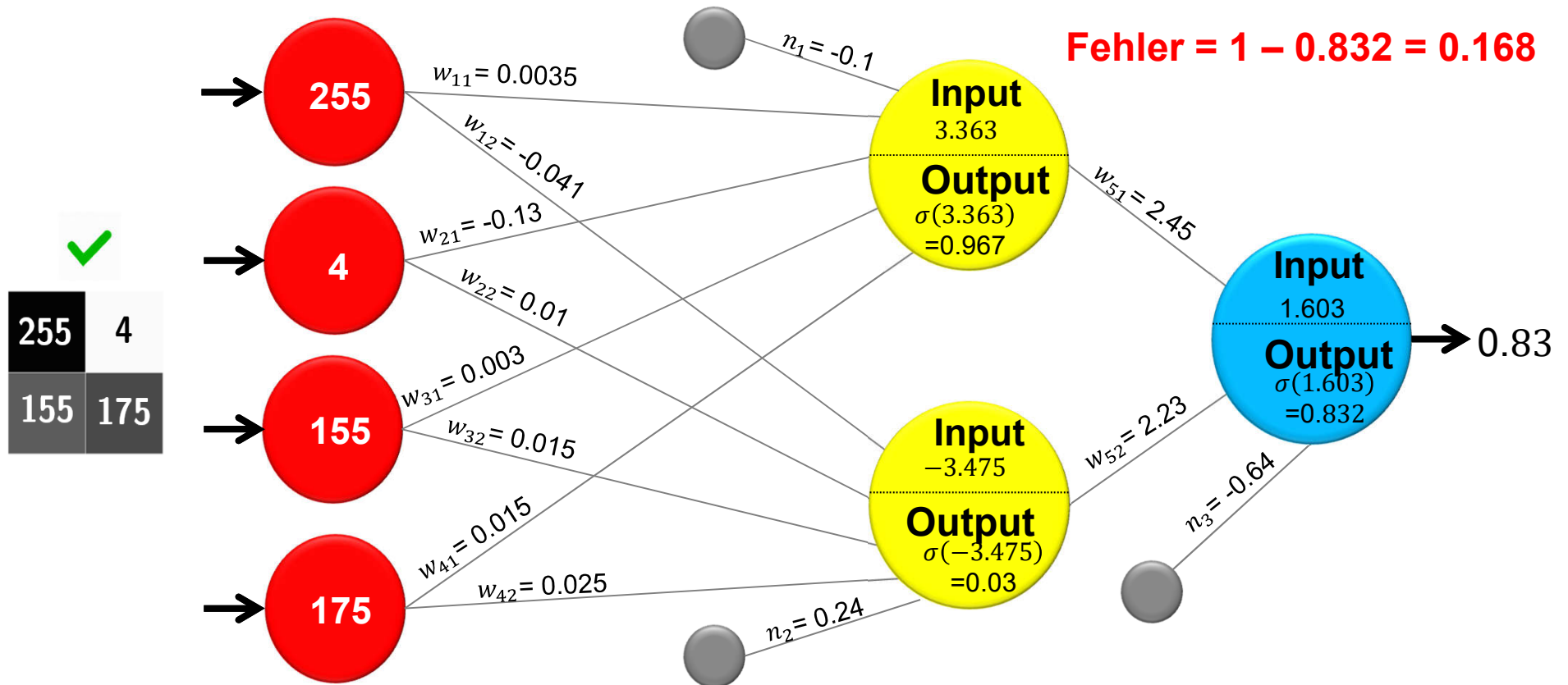
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 3: Aktuelle Vorhersage berechnen (Vorwärts-Propagierung).



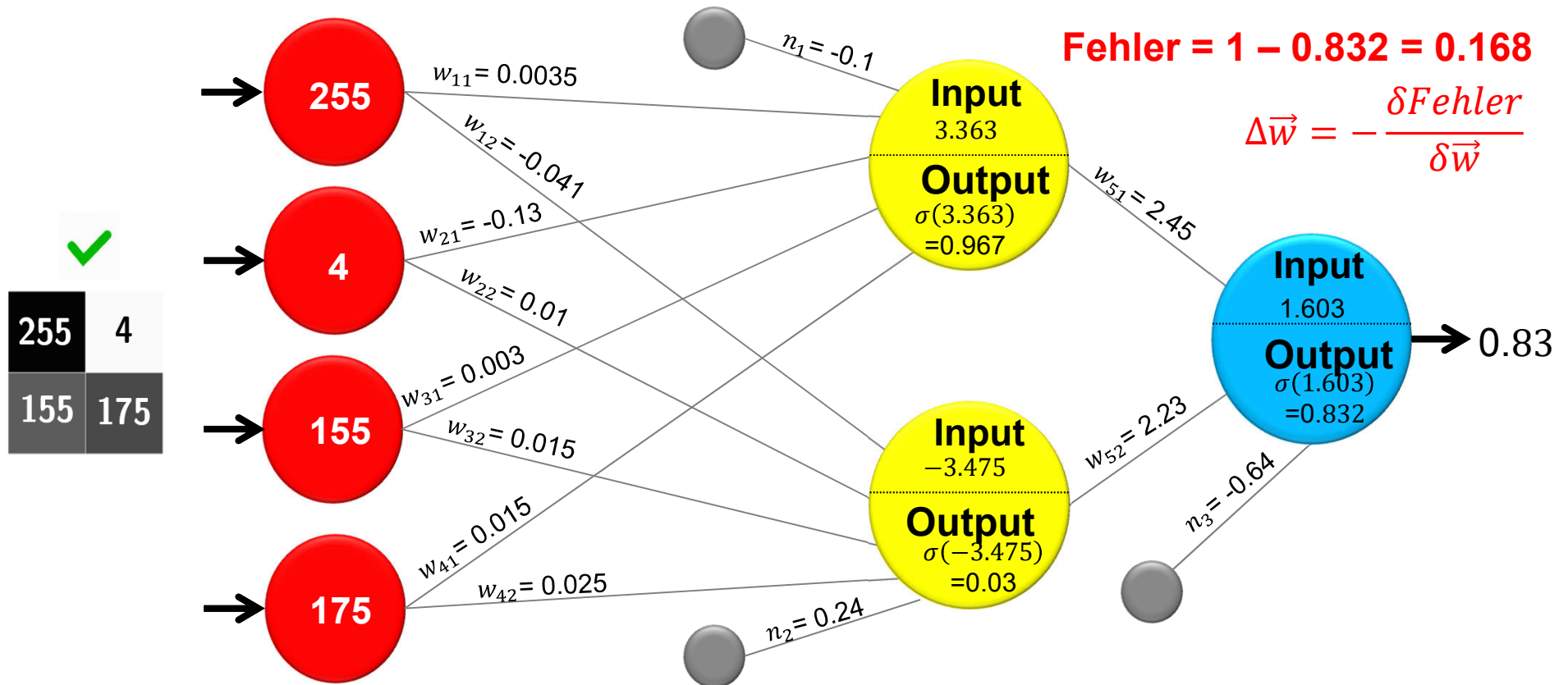
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 4: Gewichte anteilig korrigieren (Rückwärts-Propagierung).



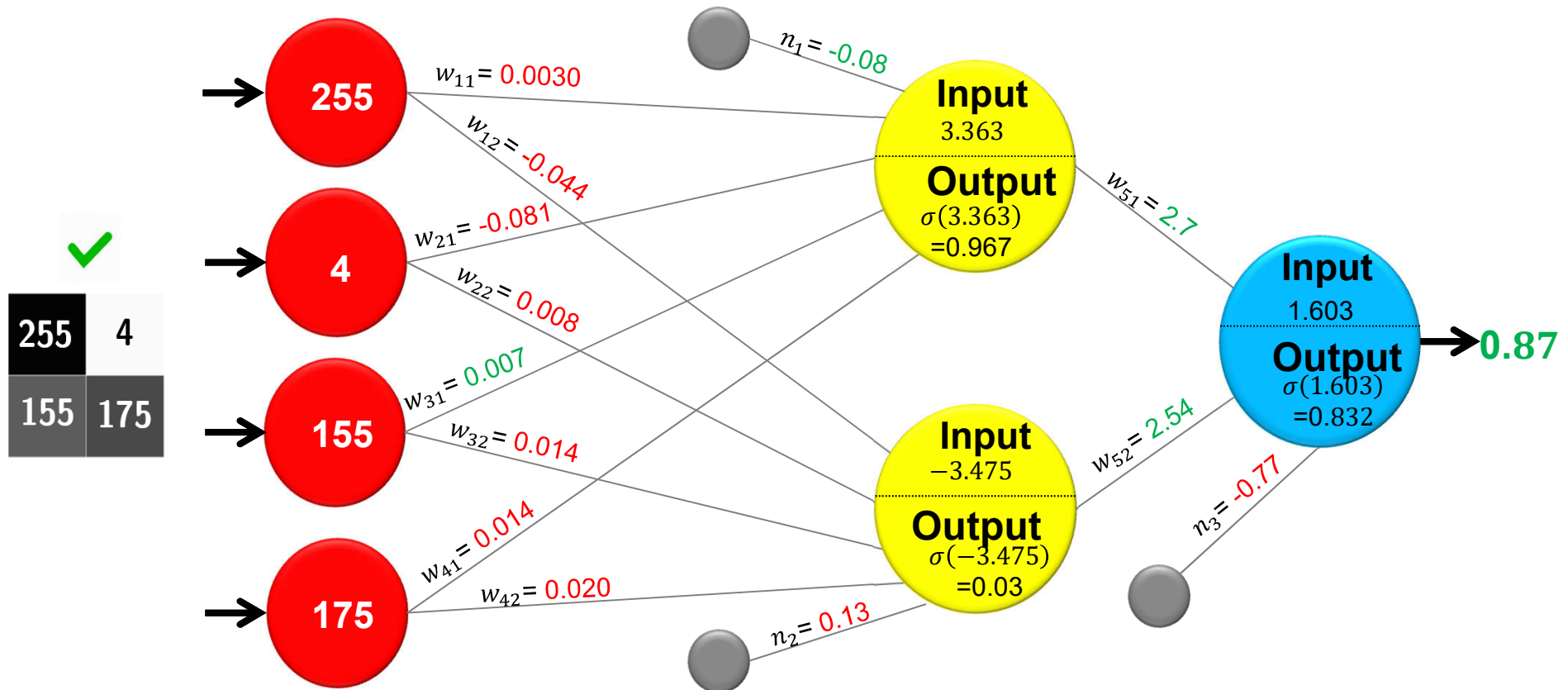
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 4: Gewichte anteilig korrigieren (Rückwärts-Propagierung).



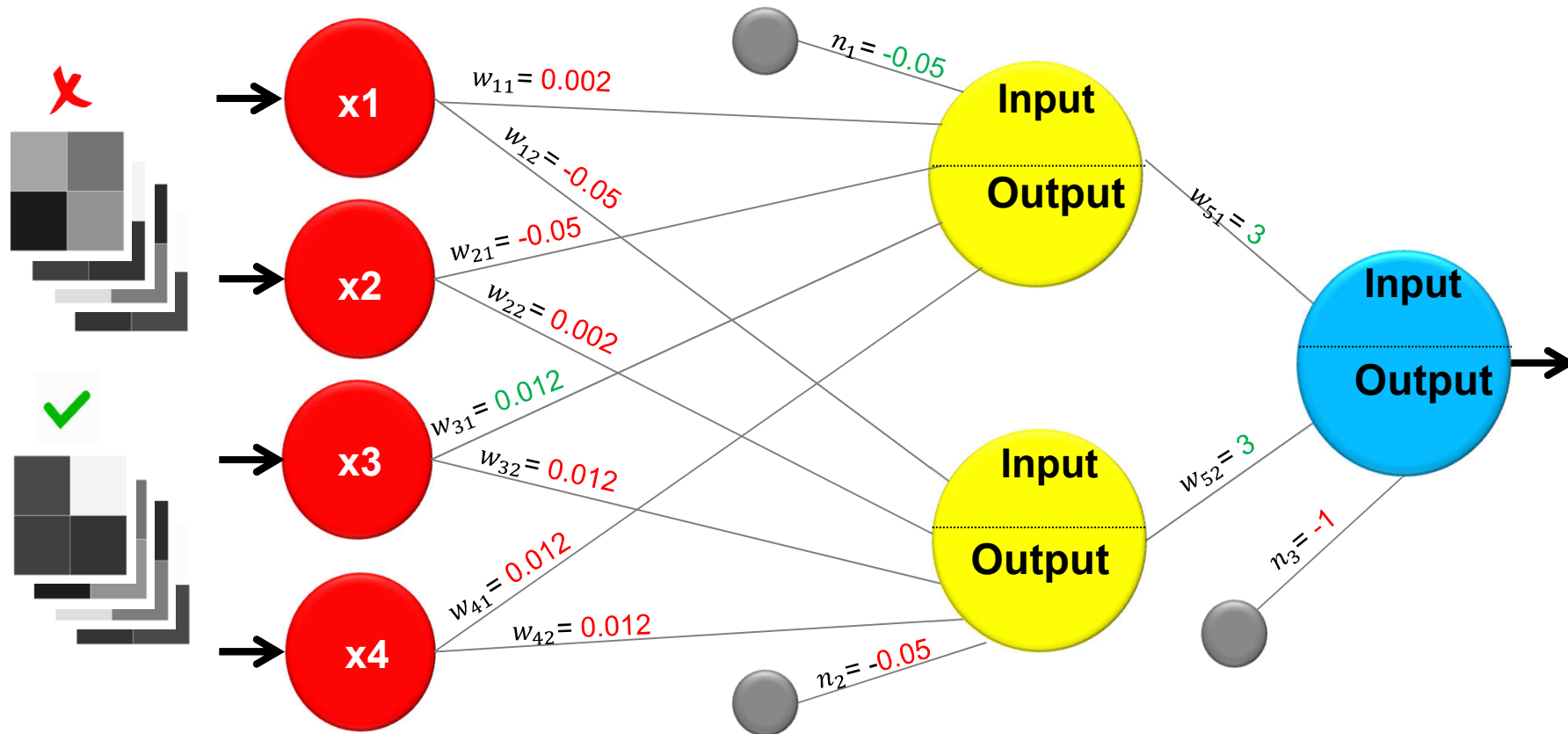
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 4: Gewichte anteilig korrigieren (Rückwärts-Propagierung).



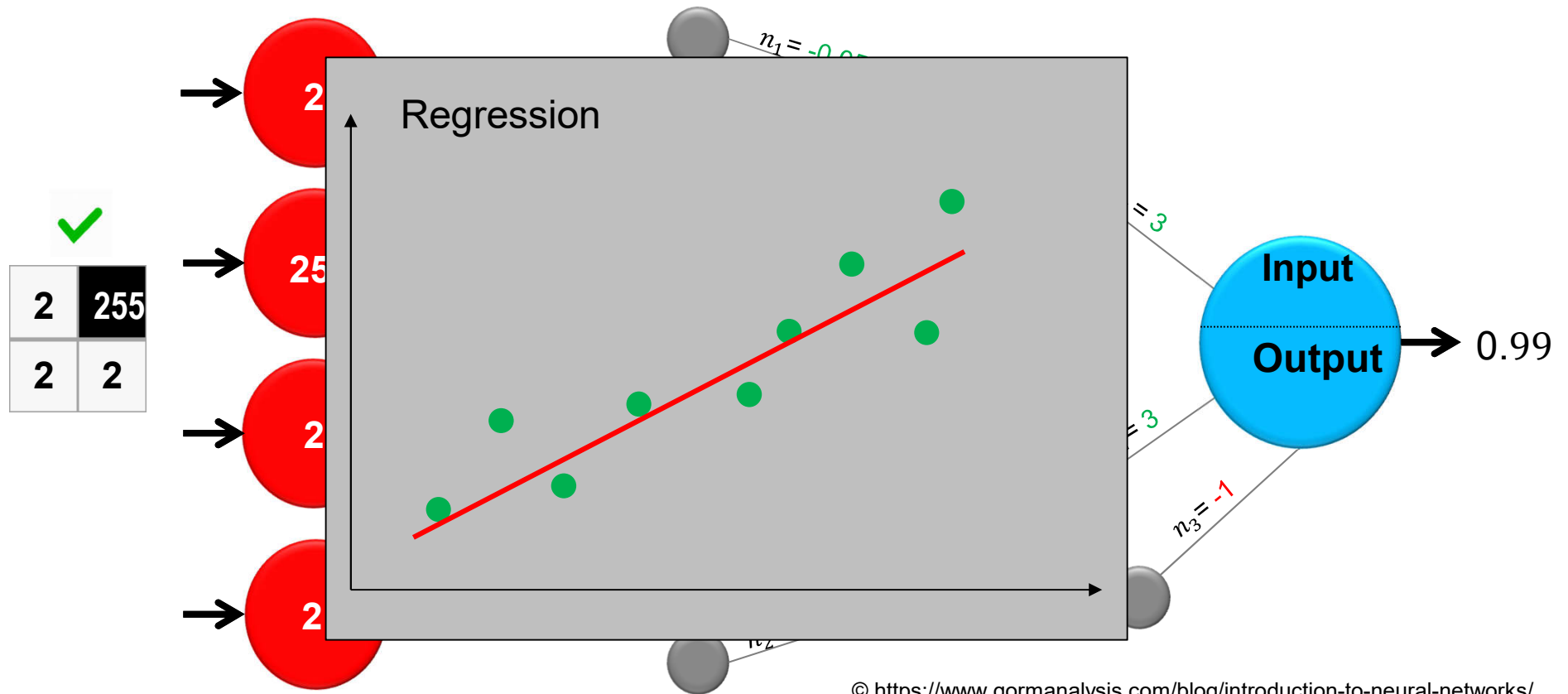
Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 5: Wiederholung mit vielen klassifizierten Daten



Wie lernt ein Neuronales Netz?

Schritt 5: Testen & Anwenden



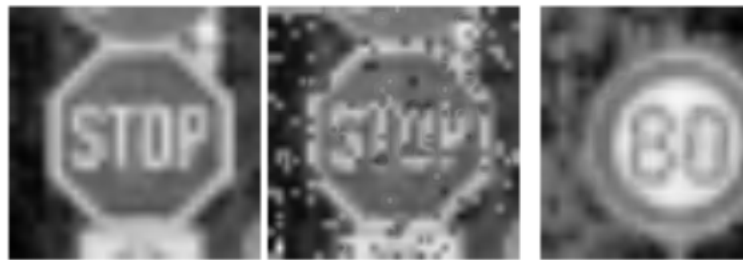
© <https://www.gormananalysis.com/blog/introduction-to-neural-networks/>



Maschinelles Lernen

- Allzweckwaffe?

- NN's sind Black Boxes!
- Wir verstehen nicht, was intern warum passiert
- Einfaches „Austricksen“ von DNN's
- S.g. „Adversarial examples“



stop

30m
speed
limit

80m
speed
limit



- Fazit: Für viele Applikationen (gerade im sicherheitsrelevanten Bereich) reichen die „Erfolgsquoten“ (z.B. im Sinne einer Confusion Matrix/ Wahrheitsmatrix) nicht aus



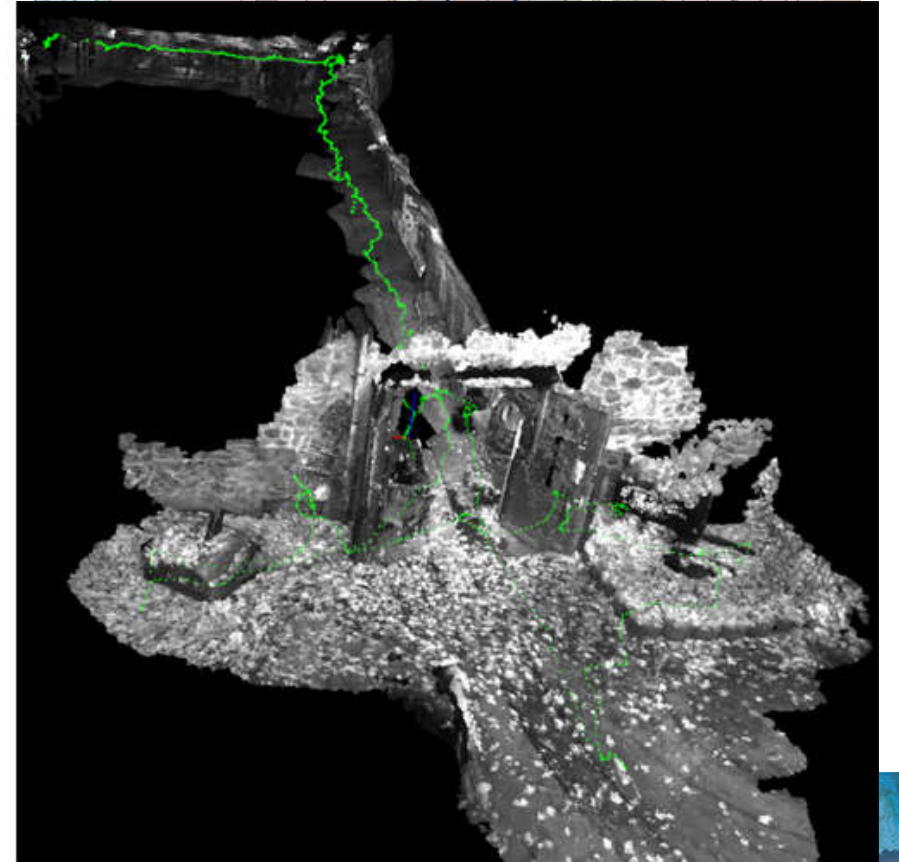
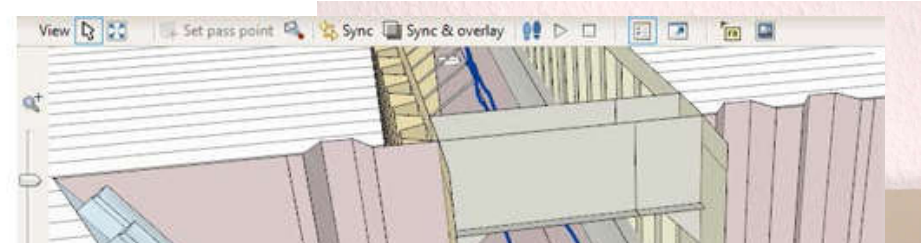
Machine Learning

- Aktueller Stand
 - Viele extrem eindrucksvolle Ergebnisse, vor allem mit DNN's & CNN's
 - Ohne Zweifel hohes Potential
 - Viele gute Online-Tutorials verfügbar
 - ...
- Herausforderungen
 - Blindes Vertrauen
 - Hype-Thema
 - Wie erzeugt man die nötigen und relevanten Trainingsdaten?
 - Wie kann Qualität verbessert werden? (aktueller Forschungsschwerpunkt)
 - Wie können aus Black Boxes White Boxes werden?
 - ...
- Schlussfolgerungen
 - Der Mensch lernt anders!
 - Physikalische Gesetzmäßigkeiten müssen Berücksichtigung finden
 - ...



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

- Institut für Optische Sensorsysteme, Berlin



VIELEN DANK!!!

